

# «ALMADEN, 2.500 AÑOS DE EXTRACCION DEL MERCURIO»

Por D. Octavio PUCHE RIART  
y D. Luis MANSILLA PLAZA

## METALURGIA DE LOS PRUEBLOS PRERROMANOS

Antes de que Callias, en el siglo IV a.C., describiese el bermellón hispano, según narra Teophrasto (332 a.C.), probablemente ya era conocido en la zona de Almadén-Fuencaliente por las culturas neolíticas que lo usaban en sus expresiones plásticas, como pintura roja, sobre la roca cuarcítica que jalona el valle de Alcuña y por los pueblos que posteriormente habitaron esta comarca.

Si se conservaran los viejos "Anales Turdetanos", de los que nos habla Diodoro de Sicilia, tal vez podríamos comprobar que por aquellas fechas ya se explotaba el cinabrio, comercializándose con griegos y fenicios.

Según Bosch Gimpera, los celtas llegan a la meseta hacia el año 600 a.C.; aproximadamente 170 años más tarde cruzarían el Guadiana ocupando Extremadura y gran parte de Sierra Morena. Es entonces cuando se comienza a tener noticias de una ciudad llamada Sisapo -voz celta que significa "la mina"- y de la comarca sisaponense,

territorio productor de un bermellón de gran calidad, aunque desconocemos si ya realizaban un tratamiento metalúrgico del cinabrio.

## COLONIZACION CARTAGINESA Y ROMANA

Con los cartagineses adquiere un gran auge la minería, nos indica Launay<sup>1</sup>: "Una nación de labradores armados se transforma en un pueblo de ingenieros, de industriales y de mineros".

Según Celio Rodriquino, "la primera explotación de Almadén comenzó en tiempos de las primeras guerras púnicas"; coincidiendo a veces las guerras con períodos de desarrollo económico. Con el fin de la segunda guerra púnica tomó Roma posesión de la minería española, continuando con la explotación de cinabrio, en Almadén, para la obtención de bermellón e hidrargirum.

Para Meseguer Pardo, la minería llegó a su auge con los romanos.

"Causa asombro la magnitud de los trabajos realizados entonces en España, y la simple inspección de nuestras zonas mineras hace comprender que no existía yacimiento rico que los romanos

no hayan trabajado, ni rincón por aislado que se encuentre que no explorasen ni reconociesen".

Los historiadores romanos sitúan a Sisapo en la Beturia Turdetana, asentamiento que es muy probable que estuviera próximo al actual Almadén.

En Roma el bermellón tuvo gran demanda, llegando a alcanzar el precio de 70 sextercios la libra, destacando como maquillaje femenino, para embadurnar el cuerpo de los triunfadores, como pintura y en la escritura, previo tratamiento en las fábricas romanas, ubicadas entre los templos de Flora y de Quirino. Según Plinio, antes de convertir el mineral -mediante manipulación- en bermellón, cuando se extrae a golpe de pico, se desprenden de él gotas de "argentum vivo", que son rápidamente recogidas por los mineros. También este autor nos explica el primer procedimiento metalúrgico del mercurio conocido: "Se coloca el mineral en un recipiente de barro cocido y éste, a su vez, dentro de una marmita de hierro cubierta con una tapadera cóncava, enlodada en arcilla. Al calentarse se recoge en la tapadera cóncava hydrargirium, líquido del color de la plata y la fluidez del agua".

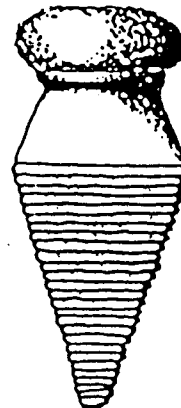
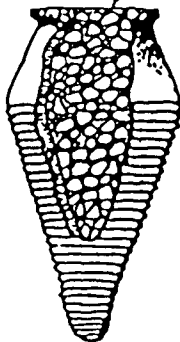
En la zona de Sisapo llegaron a obtenerse 10.000 libras de mineral bruto por año, de la mejor calidad, siendo cantadas sus virtudes por el poeta Propertio (siglo I a.C.) y reconocidas por el historiador Marco Juniano Justino (siglo II o III a.C.) en su epítome de la Historia Universal de la Antigüedad.

## VISIGODOS Y ARABES

Disminuye enormemente la actividad minera con las invasiones germánicas. Son tres siglos en los que se desconoce si se llevó a cabo algún tipo de explotación, pero cuesta creer que desapareciera una actividad tan importante y con tanta tradición.

Con la invasión árabe se vuelve a la extracción del mineral de forma relevante, manifestando gran importancia con la plenitud del Califato de Córdoba, llegando la mina en el siglo XII a alcanzar la profundidad de 250 brazas. El historiador árabe Abu-Abd-Alla-Mohamed-Al Edrisi nos cuenta cómo más de mil obreros se ocupaban en las distintas labores de la mina: extracción, aporte de combustible y fabricación de elementos metalúrgicos. Los árabes obtenían el "azogue" mediante unos hornos rectangulares cerrados por bóvedas de medio punto llamadas "xabecas". En éstas existían diversos agujeros en donde se colocaban unos recipientes de barro de forma cónica llamados "aludeles"; llenas las ollas de cinabrio en pequeños fragmentos, se tapaban con las coberteras o tapaderas, embarrándose las junturas, poniéndose a cocer, y después de la cocción se dejaban enfriar, rompiéndose posteriormente para extraer el mercurio nativo.

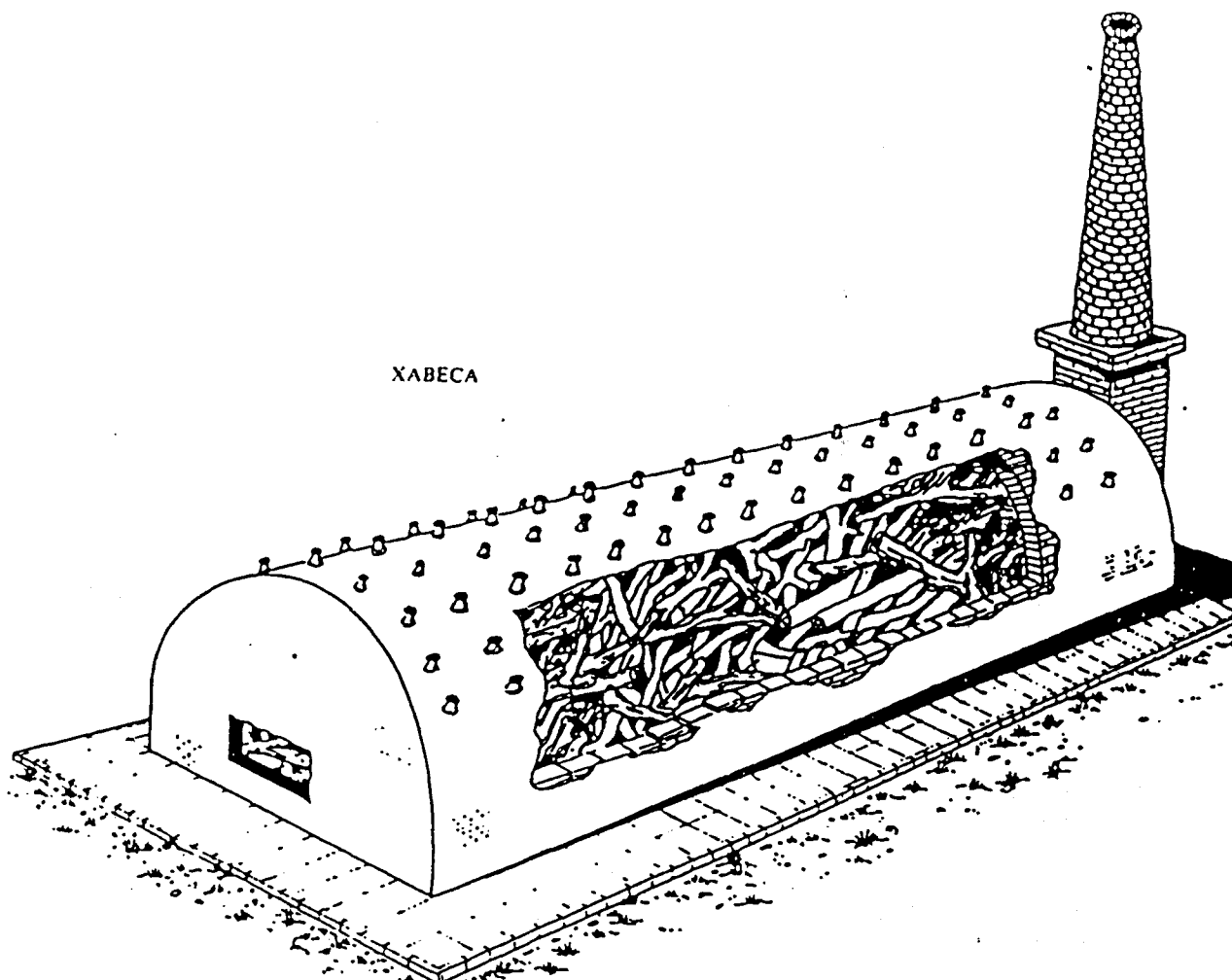
El nombre actual de Almadén tiene sus orígenes en las palabras árabes "Al-Mahaden", que significan "La Mina".



MINERAL

BARRO

ALUDELES



Muchas palabras relacionadas con el mercurio tienen origen árabe: azogue (mercurio), aludel, alarife, alberca, etc.

## LA RECONQUISTA

En 1151 conquista la región Alfonso VII el Emperador, el cual ya había considerado en las Cortes de Nájera (1138) el azogue como monopolio real.

Alfonso VIII cede la explotación de las minas a la Orden de Calatrava (1168), siendo recuperada por los almohades en la batalla de Alarcos (1195) y vuelta a reconquistar al poco tiempo por los Maestres de la Orden.

Fernando III el Santo (1249) cede a la Orden la mitad de "la mina de Chillón llamada vulgarmente Almadén", y es con Sancho IV cuando queda transferida

a estos caballeros en su totalidad.

"Tengo por bien que (el maestro y freiles) puedan facer bermejon del argen bib de las sus mineras en los sus mismos logares, et que lo puedan sacar fuera de mis reynos et facer dello su pro".

Según "La Partida II", de Alfonso X el Sabio (1256-1265), las donaciones reales de minas sólo duraban la vida del rey y se necesitaba la confirmación de sus sucesores (ley 5).

Los monjes-soldados siguieron usufructuando la mina, arrendándola a catalanes, genoveses y otros postores. Estos prosiguieron con los procesos mineralúrgicos de la época árabe; en este período venían a cocerse 5 xabecas por día, con capacidad cada una de 400 libras de cinabrio, que producían unas 54 libras de azogue (ley del todouno superior al 10%), comercializándose con toda España.

Almadén vuelve a ser propiedad

real con Isabel y Fernando, cinco años antes del descubrimiento de América, mediante una bula papal (de Adriano IV), que les transfiere todas las propiedades de las órdenes militares.

## LA CONQUISTA DE AMERICA Y LOS HORNOS DE BUITRONES

Prosiguen los arrendamientos durante esta época, siendo de importancia los sucesivos alquileres que se hicieron a los banqueros alemanes Fuggers o Fucaras, que en un principio siguieron con el mismo sistema de obtención del azogue que habían usado los árabes con algunas modificaciones. Los hornos que llamaban xabecas eran muy diferentes de los comunes porque tenían la puerta cerca de un estado en algo y la bóveda no era como capilla, sino redonda y larga como media teja. En lo alto de la bóveda tenían 24 agujeros en tres hileras donde se colocaban las ollas conteniendo el cinabrio en pequeños trozos como nueces, siendo tapadas para su cocción, que se hacía cuando se quiere poner el sol, dejándolo hasta el día siguiente a las 10 horas de la mañana, cuando entendían que las piedras estaban bien destiladas. Y así, después que la xabeca se había refriado, se descubrían las ollas y con una cucharas casi llanas de hierro cogían de encima de la ceniza el azogue, lo cual llamaban "desmixel", y luego lo lavaban en unas alberquillas que allí estaban, quedando así puro el metal.

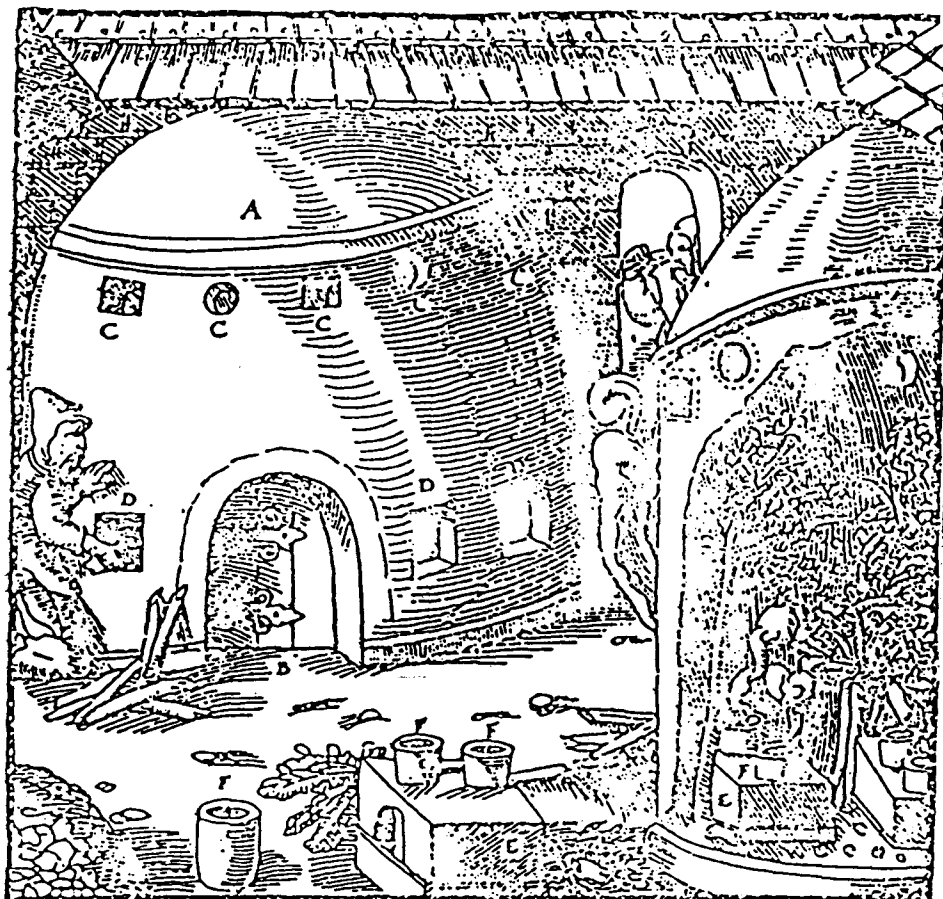
Con la conquista de América vinieron los grandes hallazgos en la minería: la plata de Nueva España (1525, Morcillo, Jalisco; 1536, Tasco, Guerrero; 1546, Zacatecas; y 1552, Pachuca a poco más de 100 km de México capital) y de Perú (en 1545 el indio Gualipa encontraba los criaderos argentíferos de Cerro Potosí), y el oro sudamericano (que fue descubriéndose a mediados del siglo XVI en Cauco, Colombia; Loja, Ecuador; Pasco, Perú; y Oruro, Bolivia). La explotación de estos minerales exigía el uso del mercurio para su extracción posterior mediante la amalgamación.

La amalgamación ya era conocida por los griegos y romanos. Plinio narra

cómo se introducían tejidos, realizados con hilo de oro, en azogue para extraer el precioso metal. En 1555 Bartolomé de Medina introduce el procedimiento conocido como "método de patio" en las minas de Pachuca; en 1572 Fernández de Velasco inventa el "beneficio de cajones", y en 1590 Alvaro Alonso Barba el "beneficio de cazo y cocimiento". Estos procesos necesitaban mercurio para su realización, siendo necesario para ello transportarlo de los yacimientos de Almadén, pasando por esta época a ser el mayor productor de mercurio del mundo. El descubrimiento de los yacimientos de mercurio de Huamanga y Huancafélica (Perú), en 1566, dio un gran impulso a la minería de la plata, lo que suponía una disminución de costo en el transporte del azogue, aunque de todas formas el consumo era grande y Almadén seguiría enviando grandes cantidades de mercurio al Nuevo Mundo.

Es con todo este movimiento, durante el asentamiento de los Fucaras (años 1573-1582), cuando se construyen en Almadén ocho hornos de reverberación o "buitrones" para sustituir a las antiguas xabecas. Son los buitrones unos hornos hechos de ladrillo y barro donde se cocía y fundía el metal, con bóveda de media naranja situada sobre una estructura que llaman red, que estaba colocada sobre la caldera. En esta época se llegaron a construir gran cantidad de este tipo de hornos, habiéndolos de todos los tamaños, los grandes de 300 ollas cada uno, los medianos de 270 ollas y los pequeños de 200 ollas. Aparte de estos hornos, también se construyó otro horno más pequeño de 150 ollas, llamado "el buitroncillo", que no estaba en el cerco de buitrones como los demás y en el que cocían el metal proveniente de los torronteros antiguos y de las escorias que salían de los buitrones.

Todos estos hornos presentaban un gran inconveniente: A pesar del gran rendimiento que de ellos se obtenía, los encargados de hornos se azogaban y cogían enfermedades incurables, llegando a no querer nadie trabajar en los hornos y encargando estos trabajos a los esclavos y reos. Es por esto que, por los años 1606-1612, se idearon unos tipos de hornos para la obtención del azogue que evitasen que los oficiales se azogasen,



Metalurgia del mercurio en el siglo XVI (Tercer método de destilación tomado de AGRICOLA, 6, en «De re metallica», Libro IX, 1556.)

llegándose a construir por encargo real estos hornos como ensayo donde seguir los nuevos procedimientos, pero no llegaron a tener aplicación real.

## LOS HORNOS DE BUSTAMANTE

En Huancavélica, Lope Saavedra Barba inventó los llamados "hornos de aludeles" (1633), siendo introducidos en Almadén por Juan Alonso de Bustamante (1646), después de que sufrieran varias modificaciones, por lo que también se denominan "hornos de Bustamante".

Estos hornos eran de cuba de sección circular (1,3 - 2 m de diámetro). Un tabique de ladrillo sostenido por arcos de mampostería soportaba el mineral triturado (entre 4,5 y 10 cc.), distribuido en diversas capas según tamaños y calidades. Justamente debajo, en el "buitrón"

u hogar, se introducía el combustible (que era madera o leña de las encinas de las dehesas colindantes, aunque luego se pasó al carbón). El cinabrio se descomponía en anhídrido sulfuroso y vapor de mercurio, éste pasaba a través de unos orificios a una camareta, de la cual salían 12 caños o aludeles en los que se producía la condensación del azogue, el cual surgía por unos agujeros practicados en la parte inferior de estos.

En las paredes de los caños quedaban retenidos mercurio y "hollines", que luego se recuperaban desmontando cada elemento del condensador y sacudiéndolo, operación conocida como "levante" o "fregadura". Terminada la limpieza se acumulaban los hollines en montones para su tratamiento posterior, volviéndose luego a montar los caños.

Estos hornos han permanecido en funcionamiento hasta 1928.

## HORNOS DE IDRIA

En 1806 Larrañaga J., primer director español de las Minas de Almadén, después de realizar un viaje por Europa Meridional y Central, introdujo en España los llamados "hornos de Idria". Estos hornos fueron construidos en Yugoslavia en 1787 por Lethner, siendo muy similares a los de Bustamante. Eran también de cuba, aunque su sección era cuadrada (3 m de lado) en vez de circular. La condensación se realizaba en 6 u 8 cámaras de mampostería revestidas interiormente de cemento.

En los hornos de Bustamante la refrigeración, producida por aire, era escasa y los gases a la salida de los aludeles contenían aún mucho azogue y hollines. Para disminuir la velocidad de los gases, provocando la deposición de las partículas en suspensión, acabaron construyendo "arquetas" de expansión antes de las chimeneas. Este dispositivo lo presentaban ya los hornos de Idria, que, al fin y al cabo, no eran sino una mejora de los de Bustamante.

## HORNOS DE ALMADEN

Estos hornos eran originarios de Italia. Se introdujeron en España en 1905 y han funcionado hasta 1954, siendo los primeros de marcha continua empleados en Almadén, junto con los Cermak-Spirek. Eran de cuba, en los que cada vaso se dividía en cuatro compartimentos, y el mineral, mezclado con carbón, entraba por la parte superior a través de unas tolvas de cierre estanco. Aumentando o disminuyendo su riqueza se podía controlar la marcha del horno. La mena alcanzaba temperaturas de 800 a 850°C. En la parte inferior, una parrilla soportaba el mineral permitiendo que entrara el aire necesario para la tostación. La escoria salía por la parte inferior, llevándose a las escombreras.

La condensación se realizaba

en unos tubos planos verticales de mampostería revestida y posteriormente en la cámara; ésta consistía en un laberinto que era recorrido por los gases antes de pasar a la chimenea.

Para Ullman F., los hornos posteriores a Bustamante e Idria constituyen la generación de "hornos modernos", caracterizándose por la carga continua, posibilidad de regulación y mejora de la condensación.

## HORNOS CERMAK-SPIREK

Fueron introducidos paralelamente a los de Almadén, tratándose en ellos los tamaños pequeños de mineral (menores de 45 mm) denominados "vaciscos".

Su innovación principal consistía en una parrilla movable que garantizaba el paso exclusivo de los finos, estando inspirado en Hunter-Scott. Eran hornos de cuba rectangulares -de dimensiones 3,44 x 1,66 m- de marcha continua. Los finos impedirían el paso del oxígeno, pero 6 filas horizontales y 9 verticales de ladrillos, en forma de caballete, constituían unos canales por donde podía circular el aire recorriendo todos los niveles, resbalando por sus bordes el mineral. Un hogar central los dividía en dos partes, estando los canales en posición normal respecto a él. Los gases del último canal penetraban en otros dos ortogonales, subiendo a unos recipientes denominados "capillas" de los que salían unos tubos llamados "elefantes" llevándolos a la condensación. En la parte inferior se extraían las escorias por unas tolvas que permitían descargar a voluntad.

## HORNOS DE SOLERAS MULTIPLES

Este tipo de hornos se vino a instalar en Almadén en el año 1954 para sustituir a los que hasta ahora se venían utilizando, llegando a trabajar conjuntamente durante varios meses hasta la desaparición total de los más antiguos.

El horno de soleras múltiples instalado en Almadén es del tipo Pacific-Herreshof, con combustible de propano. La molienda se realiza al tamaño de una pulgada en una planta de trituración

dispuesta para tal fin, y el mineral se va introduciendo por la parte superior del horno, donde se le somete a un pequeño riego, efectuándose un movimiento en espiral durante su descenso. La temperatura que llega a alcanzar el horno es del orden de los 625°C, quedando la escoria con sólo el 0,02% de mercurio.

Los gases de la calcinación al abandonar el horno tienen una temperatura de 350°C. Son conducidos a través de un ciclón que separa parte del polvo arrastrado al sistema de condensación, constituido por 3 series de 17 tubos de hierro en U cada uno colocados verticalmente. Por su parte inferior, los tubos terminan en una especie de cuellos de cisne, con cierre hidráulico, para acabar sumergidos en unas piletas con agua; en estas arquetas se recogen los productos condensados y los que son arrastrados por los gases.

El mercurio que llega a estas piletas es conducido al colector general, mientras que los hollines formados, por su menor densidad, permanecen en ellas. Posteriormente, se realiza un lavado de los tubos de condensación para limpiar los hollines y el mercurio que se ha quedado adherido a las paredes, para su posterior tratamiento.

## TRATAMIENTO DE HOLLINES EN ALMADEN

Los hollines son dispersiones en agua de mercurio y otras sustancias sólidas que aparecen en los sistemas de condensación. Este problema, que es común a todas las instalaciones pirometalúrgicas, nació cuando se introdujeron en el proceso metalúrgico del mercurio los sistemas de condensación, viéndose acentuado con el empleo de los hornos calentados a fuego directo.

La proporción de mercurio que estos contienen varía entre límites muy extensos, dependiendo sobre todo del tipo de horno que se utilice y de la naturaleza del mineral, oscilando entre el 10 y el 80%, como es el caso de Almadén.

El tratamiento que han llevado estos hollines ha sido muy variado a lo largo de los años y así encontramos cómo, en Almadén, se reunían los hollines

de varias sangrías, amasándolos a mano con cal finamente dividida en los planos inclinados de los hornos Bustamante para que el mercurio descendiese, con lo que se recuperaba mediante exudación una buena parte del azogue.

Posteriormente, López Mellado construyó una batidora, herméticamente cerrada, provista de una tolva para la entrada de los hollines, pasando después por una malla, cayendo sobre un cono donde van los rastrillos para batir el hollín y saliendo posteriormente por unos registros.

La parte más gruesa de los hollines, que no pasaba por la malla, iba a unos depósitos para luego calcinarlos en los hornos junto con el mineral y los residuos de hollines que habían quedado del batido, ya que su porcentaje llegaba a ser en algunos casos del 50%.

Con este tipo de tratamiento se ha estado trabajando hasta los años 70 y en la actualidad se sigue el procedimiento Almadén-CENIM (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas) con algunas variaciones, donde se logra la coalescencia del mercurio mediante el uso de sosa cáustica y sulfuro de sodio a 90°C, en un reactor provisto de agitación intensa.

## EL FUTURO

Actualmente se sigue trabajando con los hornos "Pacific" instalados en los años 50 con algunas modificaciones, a pesar de que se ha intentado poner en funcionamiento otros hornos.

Los contenidos en metal del todoño van disminuyendo; gigantescas escombreras con leyes superiores al 0,03% y mineralizaciones pobres esperan la llegada de nuevas técnicas para su tratamiento. Los procesos de concentración por flotación y la metalurgia en hornos de lecho fluido prevén un futuro prometedor no muy lejano.

Los tratamientos de hollines han sufrido investigaciones para una mejor recuperación del mercurio, como los procedimientos por amalgamación por aluminio, llegándose a obtener en el laboratorio el 97-98% de mercurio de los hollines y de destilación por arrastre con vapor de agua, recomendable para

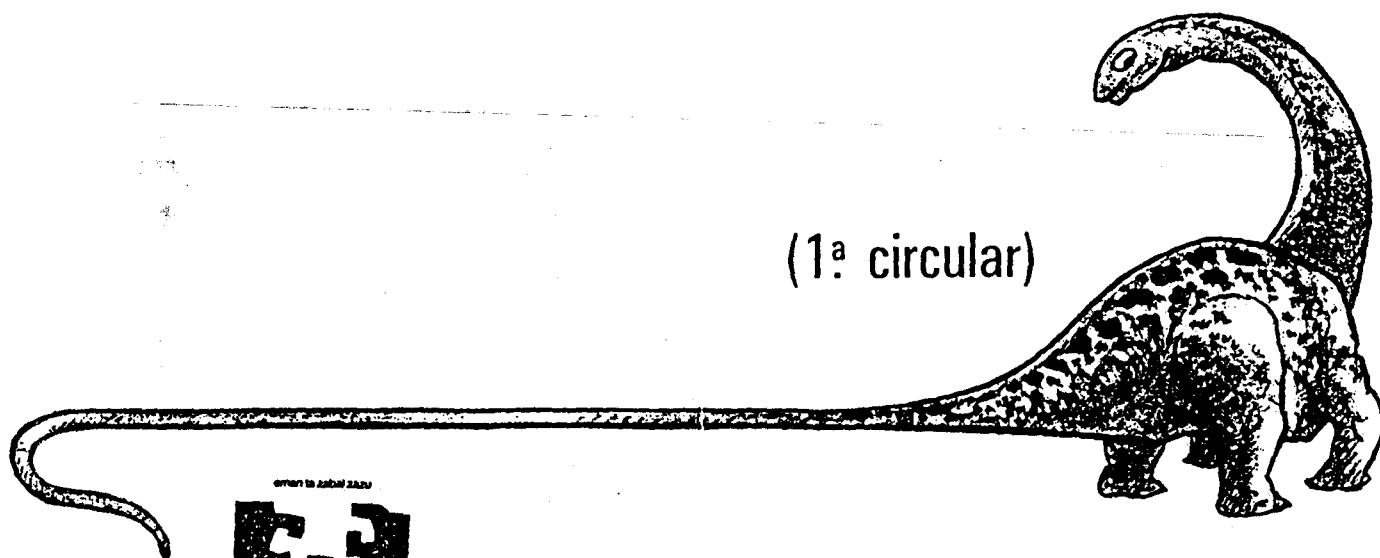
el tratamiento de hollines de bajo  
porcentaje en mercurio, aunque, a pesar

de ello, se sigue utilizando el procedimien-  
to Almadén-CENIM con modificaciones.

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO  
EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA

# IV SIMPOSIO SOBRE ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA

(1ª circular)



universidad  
del país vasco

euskal herria  
unibertsitatea

VITORIA-GASTEIZ  
15-19 de Septiembre de 1986